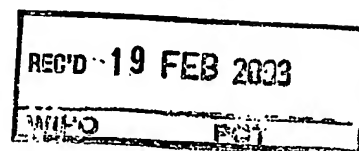


证 明



本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2002 12 05

申 请 号： 02 1 53851.4

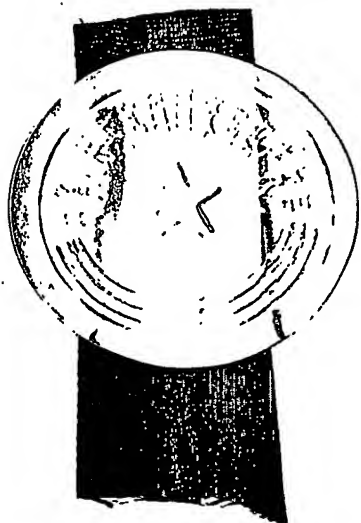
申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 微型气相色谱柱、气相色谱系统以及在样品中分析组分的方法

申 请 人： 清华大学；北京博奥生物芯片有限责任公司

发明人或设计人： 梁冬；邢婉丽；程京

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



中华人民共和国
国家知识产权局局长

王 景 川

2003 年 1 月 21 日

权 利 要 求 书

1. 一种气相色谱柱，其特征在于：该柱包括至少两个盖层和一个气路层，其中每一种所述层的材料都由一种适合于气相色谱的密实材料制成，所述气路层在两侧都有微细加工的气路，所述微细加工的气路和所述盖层的一侧形成至少两根毛细管，所述至少两根毛细管通过贯穿于所述气路层中的通孔彼此相连形成一根完整的毛细管，所述完整的毛细管通过分别设在最外面盖层上的一入口和一出口，在两个底端都连到外部。
2. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱，其特征在于：该柱包括两个以上的盖层和一个以上的气路层，并且完整的毛细管是通过所有的盖层和气路层形成的。
3. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱，其特征在于：该柱包括三个盖层和两个气路层，并且完整的毛细管是通过所有的盖层和气路层形成的。
4. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱，其特征在于：所述致密材料可以是金属、聚合物、陶瓷、硅、石英、玻璃及其组合。
5. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱，其特征在于：所述盖层和气路层可以由相同或不同的致密材料制成。
6. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱，其特征在于：所述盖层和气路层的面积范围约为 1~100 平方厘米。
7. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱，其特征在于：所述盖层和气路层的面积可以相同或不同。
8. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱，其特征在于：所述盖层和气路层的厚度范围约为 0.1~5 毫米。
9. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱，其特征在于：所述微细加工气路的宽度范围约为 1~500 微米。

10. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述微细加工气路的深度范围约为 3~500 微米。

11. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述微细加工气路是通过湿法蚀刻或干法蚀刻方法形成的。

5 12. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述完整的毛细管的总长度为至少 4 米。

13. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述完整的毛细管的截面面积可以是梯形、矩形、圆形、半圆形、扇形或其组合形状。

10 14. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述完整的毛细管的横截面的面积范围约为 5~250,000 平方微米。

15 15. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述完整的毛细管沿其长度的横截面可以相同或不同。

16. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述完整的毛细管的排布可以是蛇行形和螺旋形。

17. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述完整的毛细管壁是用固定相薄膜涂渍的。

18. 如权利要求 17 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述固定相是通过沉积法、动态法或静态法来涂渍的。

20 10. 如权利要求 17 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述固定相是在盖层和气路层被结合在一起之前或之后涂渍的。

20. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述气路层里的通孔和盖层里的通孔可以是正方形或圆形。

25 21. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述气路层里的通孔和盖层里的通孔是通过激光烧蚀、微机械加工或蚀刻形成的。

22. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 所述盖层和气路层是通过阳极结合、超声波焊接、热结合或胶合结合在一起的。

23. 如权利要求 1 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 该柱还包括设置在完整的毛细管外部的加热线, 以便在气相色谱操作过程中提供对完整的毛细管的电加热。

24. 一种气相色谱柱, 该柱包括至少两个盖层和两个气路层, 其特征在于: 每一种所述层由一种适合于作气相色谱柱的致密材料制成, 所述气路层在一侧有微细加工的气路, 所述微细加工的气路与所述盖层或另一气路层未设气路的一侧形成至少两个毛细管, 所述至少两个毛细管通过贯穿于所述气路层和/或盖层中的通孔彼此相连接形成一根完整的毛细管, 所述完整的毛细管通过最外面的两个盖层上的通孔, 即一个入口和一个出口, 在两个底端连到外部。

25. 如权利要求 24 所述的气相色谱柱, 其特征在于: 至少一个气路层在两侧都有微细加工气路, 所述微细加工气路和盖层的一侧形成了至少两根毛细管。

26. 一种气相色谱系统, 该系统包括:

- a) 将含有样品气体的流动相引入载气的进样器;
- b) 一个如权利要求 1 至 25 所述的任一气相色谱柱, 该柱包括一种适合于气相色谱的固定相, 并与所述进样器连接以接收所述流动相, 该柱用于分离分析所述样品的组分; 和
- c) 一个连接到所述柱上的检测器, 该检测器通过电子装置来检测所述样品气体的组分。

27. 一种分析在样品组分的方法, 该方法包括:

- a) 提供一个如权利要求 26 所述的气相色谱系统;
- b) 将样品汽化;
- c) 将载气中的所述样品注入所述气相色谱系统; 和
- d) 利用所述气相色谱系统分离和检测所述样品的组分, 以评价某组分在所述样品中的是否存在或存在的量。

28. 如权利要求 27 所述的方法， 其特征在于：所述样品在载气中被汽化。

29. 如权利要求 27 所述的方法， 其特征在于：所述样品在不存在载气的情况下被汽化，然后在被注入气相色谱系统之前或同时被混合。

5 30. 如权利要求 27 所述的方法， 其特征在于：所述样品中的组分是无机分子或有机分子。

31. 如权利要求 30 所述的方法， 其特征在于：所述有机分子可以是甲烷、氯仿、苯和丁酸。

32. 如权利要求 27 所述的方法， 其特征在于：所述组分可以是化
10 合物、化合物的代谢物。

33. 如权利要求 27 所述的方法， 其特征在于：所述样品来自于哺乳动物。

34. 如权利要求 33 所述的方法， 其特征在于：所述哺乳动物可以是牛科动物、山羊、绵羊、马科动物、野兔、豚鼠、鼠科动物、人类、
15 猫科动物、猴子、狗或猪。

35. 如权利要求 27 所述的方法， 其特征在于：所述样品是临床样品。

36. 如权利要求 35 所述的方法， 其特征在于：所述临床样品可以是血清、血浆、全血、痰、脑脊液、羊水、尿、胃肠内容物、头发、
20 唾液、汗、齿龈刮取物和活体解剖组织。

37. 如权利要求 35 所述的方法， 其中所述临床样品是人类临床样品。

38. 如权利要求 27 所述的方法， 其中所述样品是体液样品。

39. 如权利要求 27 所述的方法， 其中所述样品是大气、水、土壤、
25 药物或炸药样品。

**微型气相色谱柱、气相色谱系统以及
在样品中分析组分的方法**

技术领域

5 本发明涉及使用了微加工技术的微型气相色谱领域。更明确地说，
本发明提供了一种通过细加工技术形成至少两根毛细管的气相色谱
柱，并且提供了使用此气相色谱柱的气相色谱系统，以及利用此系统
在样品中分析组分的方法。

发明背景

10 气相色谱是现代分析技术的一个重要的组成部分，广泛应用于有
机物分析、化工产品质量监控、食品检测、药品检测、环境监测等领
域。其核心是起分离分析作用的气相色谱柱。先前的气相色谱仪因体
积非常大而不便携带。在气相色谱分析仪器微型化的过程当中，气相
色谱柱的微型化是一个关键。

15 气相色谱一般包括三个基本部分，一个注入器，一个色谱柱和一
个检测器。色谱柱一般为一个用固定相涂渍的管子，载气相必须通过
其移动。气体样品被载气，如氢气或氦气携带到柱中。样品组分的分
离效果依赖于许多因素，其中柱的长度是非常重要的一个因素。

20 微加工技术使制造真正的便携式气相色谱成为可能。然而，先前
的技术还没有用微型气相色谱柱在某些液体样品的分析上取得成功。
主要原因是，微加工气相色谱柱的长度不够，不足以使分离达到理
想的效果。

发明内容

25 本发明的主要目的在于在尽量节省空间的前提下大幅度加长色谱
柱长度，使其能够具备与常规毛细管柱相当的分析能力，为此，本发
明提供一种微型气相色谱柱。

本发明提供的微型气相色谱柱，包括至少两个盖层和一个气路层，
其中每一种所述层包括一种适合于气相色谱的致密材料，所述气路层

在两侧都有微加工气路，所述微加工气路和所述盖层的一侧形成至少两根毛细管，所述至少两根毛细管通过位于所述气路层中的通孔彼此相连形成一根完整的毛细管，所述完整的毛细管通过最外面的两个盖层上的通孔，一个入口和一个出口，在两个底端都连到外部。

- 5 本发明提供的微型气相色谱柱，还可以为下述方式：该柱包括至少两个盖层和两个气路层，其特征在于：每一种所述层为一种适合于气相色谱的致密材料制成，所述气路层在一侧有微加工的气路，所述微加工的气路与所述盖层或另一气路层未设气路的一侧形成至少两根毛细管，所述至少两根毛细管通过位于所述气路层和/或盖层中的通孔彼此相连接形成一根完整的毛细管，所述完整的毛细管通过最外面的两个盖层上的通孔，一个入口和一个出口，在两个底端都连到外部。

10 本发明的另一目的，在于提供一种使用此气相色谱柱的气相色谱系统，该系统包括：a) 将样品引入载气的进样器；b) 一个如上所描述的气相色谱柱，该柱包括一种适合于气相色谱的固定相，其入口连接所述进样器以接收所述流动相即载气，用于分析所述样品中的组分；
15 和 c) 一个连接到所述柱出口上的检测器，该检测器用电子装置来分析所述样品中的组分。

本发明的再一目的，在于提供一种利用上述系统在样品中分析组分的方法，该方法包括：a) 提供上述气相色谱系统；b) 将样品汽化；
20 c) 将载气及其中的所述样品注入所述气相色谱系统；和 d) 分离和检测所述样品中的组分，以评价某组分在所述样品中的是否存在或存在的量。

附图说明

25 图 1A 和 1B 是微加工气相色谱柱的分解装配图。

图 2 是图 1A 和 1B 微加工气相色谱柱的中间层 (2) 的透视图。

图 3 说明微加工气相色谱柱如何从三层扩展到五层。

具体实施方式

30 为更清楚地公开，以下从几方面叙述本发明。

定义

除非另外说明，此处所使用的技术和科学术语与本发明所属领域中任何普通技术人员一般理解的意思相同。此处所涉及的所有专利、申请、已公开的申请和其它出版物已完整的引用于此作为参考。如果本部分所列出的定义与引用于此作为参考的这些专利、申请、已公开的
5 的申请和其它出版物中列出的定义相反或不一致，那么本部分列出的定义优先于此处所引入的作为参考资料中的定义。

在此所用，“一个”指“至少一个”或“一个或多个”。

在此所用，“色谱”指一种从混合物中分离、区分或制备一种组分的方法。

10 在此所用，“柱色谱”指一种使用了用固体或液体，即“固定相”填充或涂渍了柱的色谱类型。被分离的样品被放置在柱的顶部，并用合适的液体、洗脱液或载气使其向下移动，即“流动相”。随着混合物溶解，每一种分子在流体或载气中被运输，并且开始被吸附进固体或液体中。依赖于它被吸附的趋势，每一类型分子通过柱花费的时间不
15 同。因此，每一种化合物以不同的速率在柱中行进。

在此所用，“气相色谱”指一种涉及气态流动相通过有固定相的柱的色谱类型。

在此所用，“样品”指任何可能含有用柱、系统和/或方法来分离、制备和/或分析组分的物质。

20 在此所用，术语“评价”意在包括对于样品中存在的分析物进行定量和定性测定，也包括获得表示样品中存在的组分水平的指标、比率、百分比、可视特征或其它数值。评价可以是直接或间接的，并且实际检测的化学物质可以不限是组分身，例如可以为其衍生物或某些其它物质。

25 气相色谱柱和系统

一方面，本发明涉及一种气相色谱柱，该柱包括至少两个盖层和一个气路层，其中每一种所述层由一种适合于气相色谱的致密材料制成，所述气路层在两侧都有微加工气路，所述微加工气路和所述盖层的一侧形成至少两根毛细管，所述至少两根毛细管通过位于所述气路
30 层中的通孔彼此相连形成一根完整的毛细管，所述完整的毛细管通过最外面的两个盖层上的通孔，一个入口和一个出口，在两个底端都连

11
到外部。

本发明所述气相色谱柱应该包括至少两个盖层和至少一个气路层。在一个实施例中，本发明所述气相色谱柱包括多于两个盖层和多于一个气路层，并且完整的毛细管是通过所用盖层和气路层形成的。

- 5 在另一个实施例中，本发明所述气相色谱柱包括三个盖层和二气路层，并且完整的毛细管是通过所用盖层和气路层形成的。

任何合适的致密材料可以被用于本发明所述气相色谱柱中。例如，密实材料可以是金属、聚合物、陶瓷、硅、石英、玻璃及其组合。盖层和气路层可以由相同或不同的致密材料制成。

- 10 盖层和气路层可以有任何合适的尺寸或形状。在一个实施例中，盖层的面积范围约为 1~100 平方厘米，气路层的面积范围约为 1~100 平方厘米。盖层和气路层可以有相同或不同的面积。盖层和气路层的厚度范围约为 0.1~5 毫米。

- 15 气路层上的微加工气路可以有任何合适的尺寸或形状。在一个实施例中，微加工气路的宽度范围约为 1~1,000 微米。微加工气路的深度范围约为 3~500 微米。

- 微加工气路可以用任何合适的方法在气路层上形成。在一个实施例中，微加工气路是用 HF、HNO₃ 和 CH₃COOH 的混合物通过湿法蚀刻方法形成的。在另一个实施例中，微加工气路是用干法蚀刻方法，
20 如反应离子蚀刻 (RIE) 形成的。

- 所形成的完整的毛细管可以有任何合适的尺寸或形状。在一个实施例中，完整的毛细管的总长度为至少 4 米。完整的毛细管的截面可以是梯形、矩形、圆形、半圆形、扇形或其组合形状。完整的毛细管的横截面面积范围约为 5~250,000 平方微米。完整的毛细管沿其长度的横截面的面积可以相同或不同。完整的毛细管可以有蛇行形和螺旋形。
25

- 完整的毛细管壁用固定相涂渍。固定相可以用任何合适的方法涂渍。例如，固定相可以通过沉积法(Lehmann 等人, Proceeding Sensor ' 97, 151-153)、动态法(Schomburg 和 Husmann, Chromatographia, 8:517-530
30 (1975))或静态法(Janak 等人, J. High Resolution Chromatography & Chromatography Communications, 8:843-847, (1985))涂渍。该固定相可

以在各层结合之前或之后涂渍。

气路层里的通孔和盖层里的通孔可以有任何合适的尺寸或形状。例如，气路层里的通孔和盖层里的通孔可以是正方形或圆形。气路层里的通孔和盖层里的通孔可以用任何合适的方法形成。例如，气路层里的通孔和盖层里的通孔可以用激光烧蚀 (Dirk 等人, Applied Surface Science, 150:185-189 (1999))、微机械加工 (Diepold 和 Obermeier, Technical Digest Microsystem Technologies, 211-216 (1996)) 或蚀刻 (Terry 等人, IEEE Transactions on Electron Devices, ED-26 (No. 12):1880-1886 (1979)) 形成。

- 10 盖层和气路层可以用任何合适的方法被结合在一起。例如，这些层可以用阳极结合 (Thomas 等人, Sensors and Actuators, 86:103-107 (2000))、超声波焊接 (http://www.tops-mate.com/uwm_intro.htm)、热结合 (Paulus 等人, Proceedings SPIE Microfluidic Devices and Systems, 3515:94-103 (1998)) 或胶合 (Roberts 等人, Analytic Chemistry, 15 69:2035-2042 (1997)) 将其结合在一起。

本发明所述气相色谱柱可以包括任何合适的额外组件。例如，本发明所述气相色谱柱可以进一步包括设置在完整的毛细管外部表面的加热线，以便在气相色谱操作过程中提供对完整的毛细管的电加热。

- 20 另一方面，本发明涉及一种气相色谱系统，该系统包括：a) 将流动相包括样品引入色谱柱的进样器；b) 一个如上所描述的气相色谱柱，该柱包括一种适合于气相色谱的固定相，并且与所述进样器连接以便从所述进样器接收所述流动相，该柱用于分析所述样品中的组分；和 c) 一个机械地连接到所述柱上的检测器，该检测器用电子装置来检测分析所述样品中的组分。

- 25 在另一方面，本发明涉及一种气相色谱柱，该柱包括至少两个盖层和两个气路层，其中每一种所述层由一种适合于气相色谱的致密材料制成，所述气路层在一侧有微加工气路，所述微加工气路和所述盖层或气路层无微加工气路的一侧形成至少两根毛细管，所述至少两根毛细管通过位于所述气路层和/或盖层中的通孔彼此相连形成一根完整的毛细管，所述完整的毛细管通过最外面的两个盖层上的通孔，即一
30

个入口和一个出口，在两个底端都连到外部。

在一个优选实施例中，至少一个气路层在一侧包括微细加工气路，同一气路层的另一侧直接面向另一气路层的微细加工气路，这样就形成了一根毛细管。在另一个优选实施例中，至少一个气路层在两侧都有微加工气路，所述微加工气路和盖层的一侧形成了至少两根毛细管。

本发明所述气相色谱柱可以在任何合适的气相色谱系统中被使用。参考美国专利 5,583,281 和 6,068,780。流动相必须是气相，固定相或者是吸附在固态上的液体，或者是固体。当使用液态固定相时，本方法被称作分配色谱法，因为被分析的混合物将在固定相和流动相之间被分配。当固定相是固体时，本方法被叫做吸附色谱法。被分离的混合物的分子在流动相和固定相之间多次通过，其速率依赖于分子的活动性、温度以及所涉及的结合力。每一类型分子在流动相中的时间上的差异导致了表观移动速率的差异，从而导致了物质的分离。

气相色谱包括气液色谱法（GLC）和不太常用的气固色谱法（GSC）。固定相可以是固体支持物上的液体。流动相可以通过加热柱的惰性气体，通常是氮气、氢气、氦气或氩气。样品混合物可以被注入柱中，并且立即汽化。其组分物质分离，并且以不同的速率随载气流动。检测器可以被放置在柱的底端，它以具有一系列检测峰值的气相色谱谱图的形式给出记录器输出信号。每一峰值是样品气体中存在于特定物质的特征。

用气相色谱分析分析物的方法

另一方面，本发明涉及一种在样品中分析组分的方法，该方法包括：a) 提供上述气相色谱系统；b) 将样品汽化；c) 将载气及其中的所述样品注入所述气相色谱系统；和 d) 允许分离和检测所述样品中的组分，以评价所述组分在所述样品中的存在与否或存在的量。

本方法可以被用来分析任何合适的组分。例如，任何可以在低于 500 摄氏度的温度下汽化而不会分解的组分可以用本方法来分析。本方法可以被用来分析分子或其集合物或复合物。分子可以是无机分子、有机分子及其复合物。代表性的有机分子可以是碳氢化合物或任何以碳氢化合物作为其骨干的分子。在一个特定实施方案中，本方法可以

被用来分析化合物、化合物的代谢物及其复合物。

本方法可以被用来分析任何合适的样品。例如，本方法可以被用来分析哺乳动物样品，如牛科动物、山羊、绵羊、马科动物、野兔、豚鼠、鼠科动物、人类、猫科动物、猴子、狗或猪样品。在另一个实施方案中，本方法可以被用来分析临床样品。代表性临床样品包括血清、血浆、全血、痰、脑脊液、羊水、尿、胃肠内容物、头发、唾液、汗、齿龈刮取物和活体解剖组织。在一个优选实施例中，本方法可以被用来分析体液样品。在另一个优选实施例中，本方法可以被用来分析大气、水、土壤、药物或炸药样品。如果期望或需要，在用于气相色谱分析之前可以将这些样品预处理。

任何合适的载气可以被用于本方法。优选地，载气是惰性气体，如氮气、氦气或氩气，也可以是氢气。

样品可以用任何合适的方法来汽化。例如，样品可以在载气中汽化。另外，样品可以在不存在载气的情况下被汽化，然后与载气在被注入气相色谱系统之前或同时被混合。

代表性实施方案

该特定实施方案的一个目的是获得一种类型的微加工气相色谱柱。该特定实施方案的另一个目的是获得一种比先前的微加工气相色谱柱的结构更紧凑的结构。

简单来说，本实施方案的微加工气相色谱柱是通过将两个以上的层结合在一起而制造的。微型气路是通过在一些层上蚀刻而形成的，然后用另外一些层将其覆盖以建立完整的毛细管。每一层具有至少一个功能，或者是形成槽或者覆盖槽来形成完整的毛细管，或者兼具两个功能。为了连接不同层中两根毛细管的彼此相邻的端，在两个毛细管之间的层中形成了一个通孔。这样所有的毛细管被连接在一起，建立了一个全长毛细管。全长毛细管通过分别在顶层和底层上的通孔在两个端都通向外外部，这两个孔分别作为载气的入口和出口。一旦所有的层被结合在一起形成了全长毛细管，某种溶解在有机溶剂中的固定相溶液，如溶解在氯仿中的 SE-30 溶液，被注入以充满全长毛细管。然后氯仿被慢慢地汽化，固定相以沉积物的形式留下来。用固定相涂

渍的另一种方法是在这些层被结合在一起之前，将固定相沉积到将要形成的毛细管壁上。

该特定实施方案的一个优点是它将组成色谱柱的毛细管安排到不少于两个层中，并且提供了一种比先前的微细加工气相色谱柱的结构更紧凑的结构。该特定实施方案的另一个优点是可以相对容易地对层的数量进行扩展。

图 1A 和 1B 图是本发明所述实施方案的分解装配图。这样的实施方案包括三个层 1、2 和 3，其材料可以是玻璃、硅、石英或任何其它致密材料。通过在中间层 2 的两侧蚀刻如用 KOH 或 HF-HNO₃ 的热水溶液，或通过干蚀刻方法如 DRIE（深反应离子蚀刻）形成了两个气路 5 和 8。其它两个层用作覆盖气路的盖子以建立完整的毛细管。可以用胶合、超声波焊接、阳极结合或任何其它可行的方法将这些层结合在一起。通孔 7 在中间层 2 上的形成可以采用钻孔或激光烧蚀等方法实现，以便连接其端面上的气路 5 和 8，以建立全长毛细管。全长毛细管的长度在 4~50 米之间。用同样的方式分别在顶层和底层 1 和 3 上形成两个其它的通孔 4 和 6，以便将全长毛细管连接到外部。

图 2 是图 1A 和 1B 给出的中间层 2 的透视图。从这个视角可以更清楚地看到中间层 2 的一个表面上的气路 8 和中间层上的通孔 7。气路的宽度范围为 1~500 微米，深度范围为 3~500 微米。安排毛细管的方式不局限为螺旋形。也可以是蛇行形或任何其它形式。每一层的厚度范围为 0.2~5 毫米，每一层的面积范围为 1~10,000 平方厘米。较大的面积有助于排布更长的毛细管。

图 3 是本发明所述实施方案从三层扩展到五层的示意。根据该扩展，全长毛细管的长度可以加倍。

为了涂渍毛细管壁，可以使用传统的静态或动态法。传统的静态法用固定相溶液，如溶解在氯仿中的 SE-30 溶液，来填满毛细管，然后蒸发溶剂，固定相以沉积物的形式留下来。传统的动态法是通过气体压力来推动一些溶液的固定相来通过毛细管，一些固定相以沉积物的形式留下来。涂渍毛细管壁的新方法是在将这些层结合在一起之前，在气路壁和覆盖层表面的相应区域上沉积固定相。

实施例

1. 药物测试

从人类尿液中提取出来的物质可以作为样品被注入气相色谱系统。如上所述用气相色谱分离尿液样品的成分，然后用检测器检测，并且报告给使用者。如果尿液样品的提供者服用了药物，就可以在样品中发现药物代谢产物。

2. 农药残留测试

将蔬菜粉碎，然后将从碎屑中提取出来的物质作为样品注入气相色谱系统。根据分析结果，可以评价出蔬菜是否含有残留的农药。

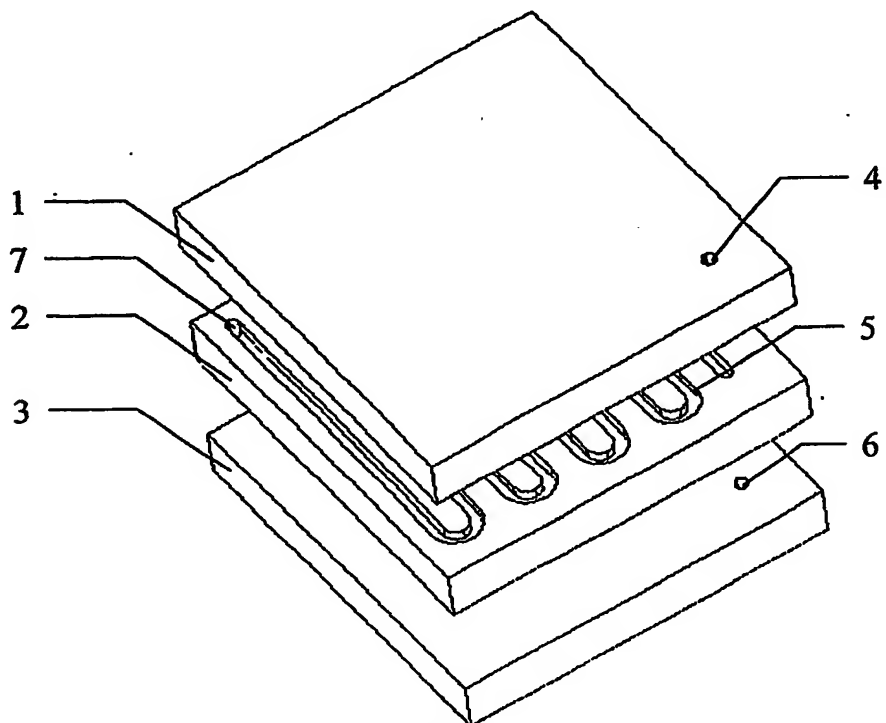


图 1A

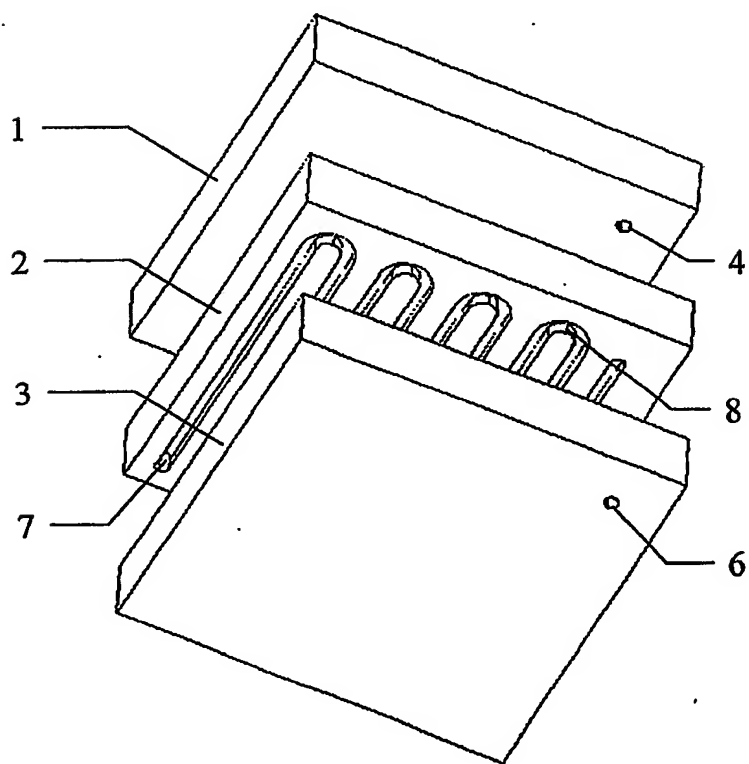


图 1B

This Page Blank (uspto)

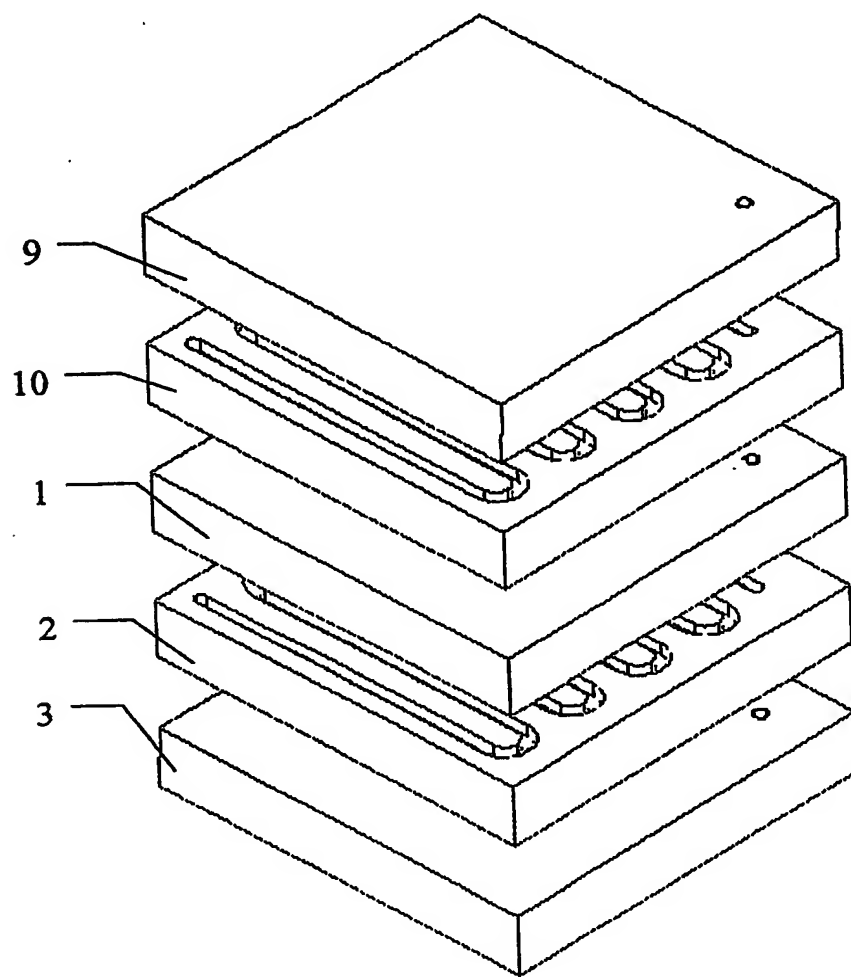


图 3